

Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität

BMBF-Statusseminar: Erkenntnisse und zukünftiges Potenzial der Elektromobilitätsforschung

Begleitforschung zu Technologien, Perspektiven und Ökobilanzen der Elektromobilität

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Dr.-Ing. Stephan Schmid
Dipl.-Kaufm. (t.o.) Benjamin Frieske
Dipl.-Ing. Matthias Klötzke
Dipl.-Umweltwiss. Ole Soukup
Thorsten Koska (M.A.)
Hanna Hüging (M.Sc.)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Wissen für Morgen



Inhalt

- Vorstellung der STROM – Begleitforschung
- Technologie-Monitoring
 - Trends bei Fahrzeugkonzepten
 - Patentanalysen
- Perspektiven
 - Regionalstudien
- Materialintensität (Ökobilanzen)
 - MIPS
 - Treibhausgasemissionen
- Zusammenfassung



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH



STROM-Begleitforschung Konsortium

DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

- Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart
- Institut für Verkehrsforschung, Berlin

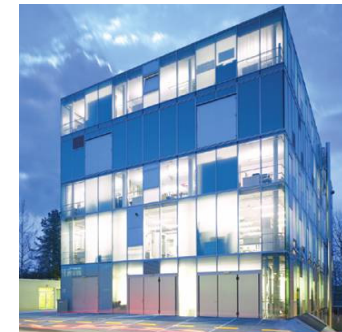
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

- Koordinator: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Auftraggeber: BMBF (Referat 523)
- Zeitraum: Okt. 2011 - Sep. 2014
- Ziel: Einordnung der STROM-Technologien in die internationalen Forschungsaktivitäten



1. Hinweise zu Forschungsschwerpunkten und Trendentwicklungen

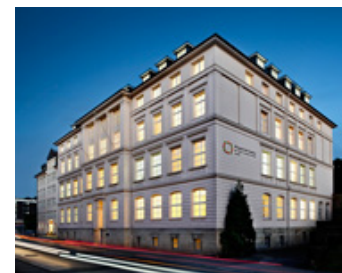
2. Informationen und Unterstützung für die STROM-Projekte



DLR Institut für Fahrzeugkonzepte



DLR Institut für Verkehrsforschung



Wuppertal Institut



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH



STROM – Kommunikation im STROM-Programm

- Arbeitspapier „Analyse der STROM-Projekte“ 06.2012
 - Veröffentlichung: „Feasibleness and Funding of E-Mobility“, Future Mobility 11.2012
 - Präsentation: „Begleitforschung zu Technologien, Perspektiven und Materialintensitäten der Elektromobilität“ 12.2012
 - STROM-Trendnewsletter 01.2013
 - Arbeitspapier: „Forschungslandschaft Elektrische Maschine“ 01.2013
 - Arbeitspapier: „Zwischenergebnisse der Fahrzeugkonzept-Datenbank“ 02.2013
 - Veröffentlichung: „State of the Art and Trends in Vehicle Concept Development with Focus on Battery Technology“, Kraftwerk Batterie 02.2013
 - Präsentation: „Schlüsseltechnologien der Elektromobilität – Technologie-Monitoring“, NPE AG1 04.2013
 - STROM-Trendnewsletter 06.2013
 - Arbeitspapier: „Forschungsreise Japan“ 09.2013
 - Arbeitspapier: „Forschungsreise Indien“ 10.2013
 - Veröffentlichung: „Trends in Vehicle Concept and Key Technology Development for Hybrid and Battery Electric Vehicles“, EVS27 11.2013
 - Präsentation: „Technologie-Monitoring“ Statusseminar Elektromobilität 12.2013
 - Arbeitspapier: „Forschungsreise Nordamerika“ 05.2014
 - Präsentation: „Technologie-Monitoring und Experteninterviews Leistungselektronik“, Strategie-Workshop AVT 06.2014
 - Arbeitspapier: „Forschungslandschaft Leistungselektronik“ 07.2014
 - Arbeitspapier: „Forschungsreise China“ 07.2014
 - Veröffentlichung: „Patent Analysis of Power Electronic Technologies“, EEVC 12.2014
 - Veröffentlichung: „Patent Analysis of Electric Machine Technologies“, EVS28 05.2015
- [geplant]*

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| STROM Interviewreihe 1 02.2012 | STROM Workshopreihe 1 06.2012 |
| STROM Interviewreihe 2 03.2013 | STROM Workshopreihe 2 04.2013 |
| STROM Interviewreihe 3 05.2014 | STROM Workshopreihe 3 07.2014 |



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH



Untersuchungsgegenstand der Begleitforschung

Themenfelder für das Technologie-Monitoring



■ Fahrzeugkonzepte

Projekte: eGeneration, 1PeFz, E2V, VISIOM, Innvelo, e-MoSys, Velocité

Themen: z.B. Hybrid-Antriebsarchitekturen, Conversion & Purpose Design

■ Elektromotoren

Projekte: ELANi, E2V, e-MoSys, iFlux, eGeneration, Velocité

Themen: z.B. Synchronmaschine, Asynchronmaschine, Transversalflussmaschine, Materialien Rotor und Stator, Substitution Permanentmagnete

■ Leistungselektronik

Projekte: e-MoSys, HI-LEVEL, HotPowCon, iFlux, KAIROS, MHF4EV, RESCAR 2.0, RoBE, E2V, ELANi, eGeneration

Themen: z.B. Materialien Halbleiter (SiC & GaN), Hochstromleiterplatten, Keramikplatinen, Aufbau- und Verbindungstechnik

■ Thermomanagement

Projekte: E-Komfort, Innvelo, HotPowCon, eGeneration, eProduction

Themen: z.B. Zeolithkühlung, Flächenheatpipes, Luftkühlung, Wasserkühlung

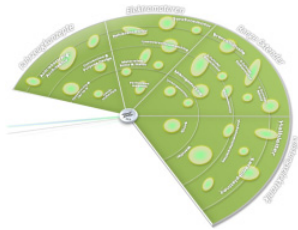


Untersuchungsgegenstand der Begleitforschung

Forschungsfragen, Umfang, Methoden



- Welche **Trends** zeichnen sich bei Schlüsseltechnologien der Elektromobilität und elektrifizierten Fahrzeugkonzepten ab?
- Welche **Forschungsschwerpunkte** und **Förderaktivitäten** gibt es in anderen Weltregionen?
- Welchen **Stand hat die Technologieentwicklung** im nationalen und internationalen Vergleich?



- **5 Weltregionen** Europa, USA, China, Japan, Indien
- **4 Technologiefelder** Fahrzeugkonzepte, Elektromotoren, Leistungselektronik, Thermomanagement
- **Elektrifizierte PKW** Hybrid-, Batterie-, Konzept-, Prototypen- und Serienfahrzeuge
- **10 Jahres-Zeitraum** Entwicklungen ab 2000



- DLR Fahrzeugkonzept-Datenbank
- Patent- und Publikationsanalysen
- Experteninterviews (national & international)
- Regionalstudien
- Simulation und Fahrzeug-Szenarien (VECTOR21)
- Materialintensitätsanalysen



DLR Fahrzeugkonzept-Datenbank

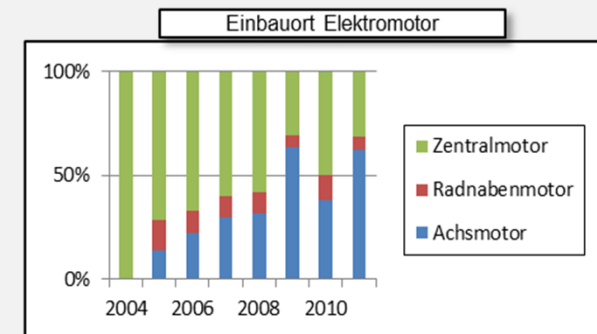
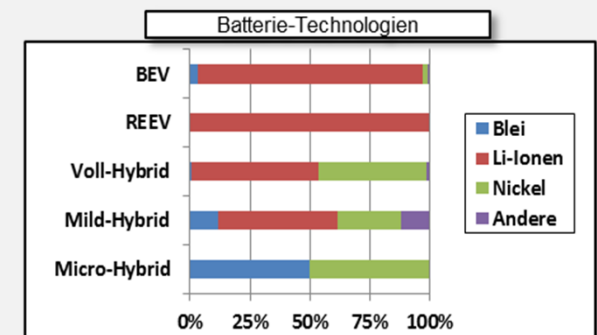
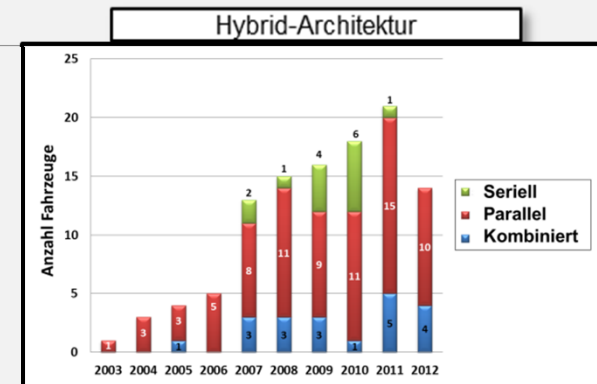
Trends bei Fahrzeugkonzepten

Welche **Trends** zeichnen sich bei SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN der Elektromobilität und elektrifizierten FAHRZEUGKONZEPTEN ab?

- Zeitraum 2000-2013, weltweite Betrachtung, PKW
- Micro-HEV, Mild-HEV, Full-HEV, Plug-In-HEV, REEV, BEV
- Besonderheit:
 - Betrachtungsumfang (auch Kleinserien-, Konzept- und Prototypenfahrzeuge) und Detailtiefe (bis Parameterebene)

Umfang:

- 538 elektrifizierte Konzept-, Prototypen- und Serienfahrzeuge
- 75 technische Parameter pro Fahrzeug (max. 215)
- Technische Details bis auf Komponentenebene (z.B. VKM, REX, E-Motor, Leistungselektronik, Batterie)
- Insgesamt 116.690 Datenpunkte

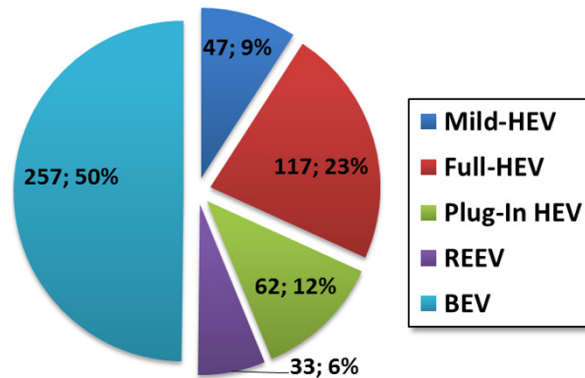


Quelle: DLR (2014)

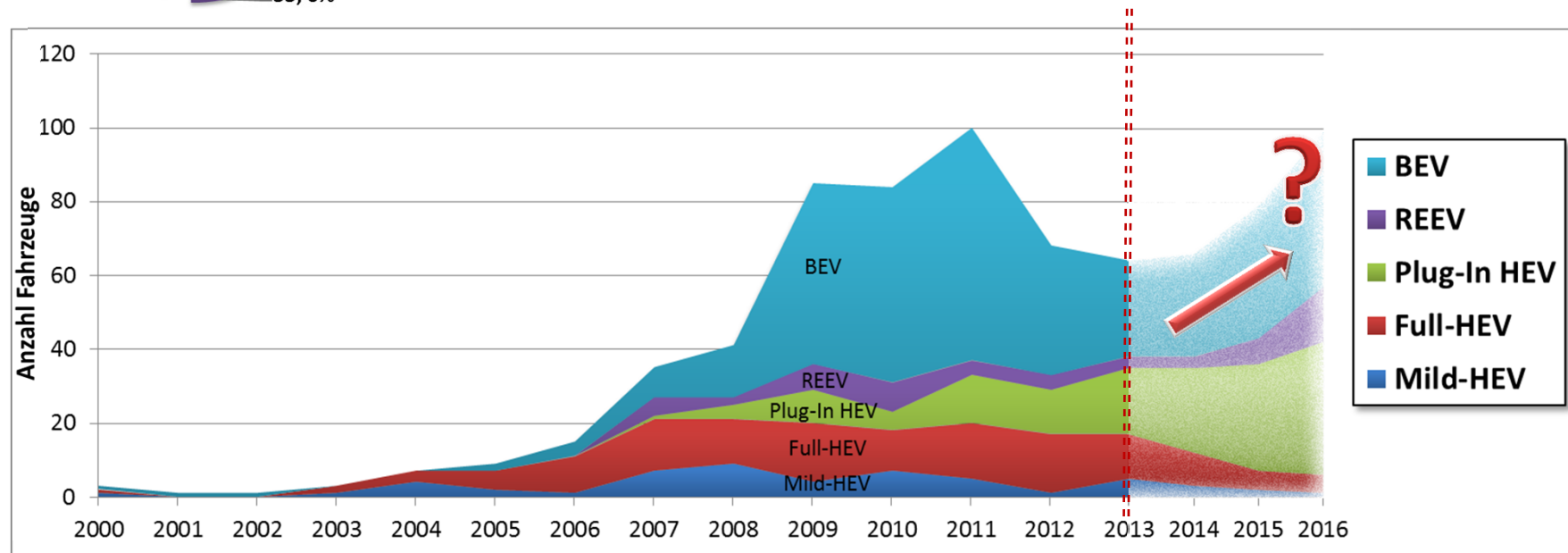


DLR Fahrzeugkonzept-Datenbank

Trends bei Fahrzeugkonzepten – Elektrifizierungsgrad

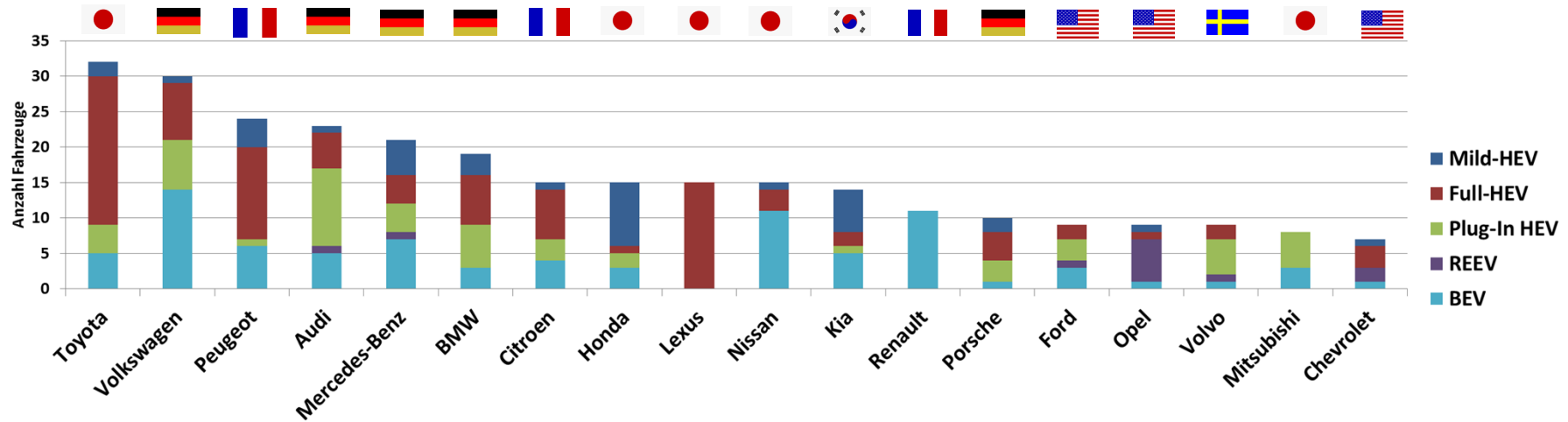


- BEV und HEV gleichverteilt, Zunahme BEVs ab 2008
- Full-HEV mit größtem Anteil bei Hybridfahrzeugen, sinkende Tendenz zugunsten Plug-In HEV
- BEVs im Klein- (70 Fahrzeuge) und Sportwagen-Segment (31), HEVs im Segment Mittelklasse (66) und SUVs (45)



DLR Fahrzeugkonzept-Datenbank

Trends bei Fahrzeugkonzepten – Aktivitäten der Hersteller

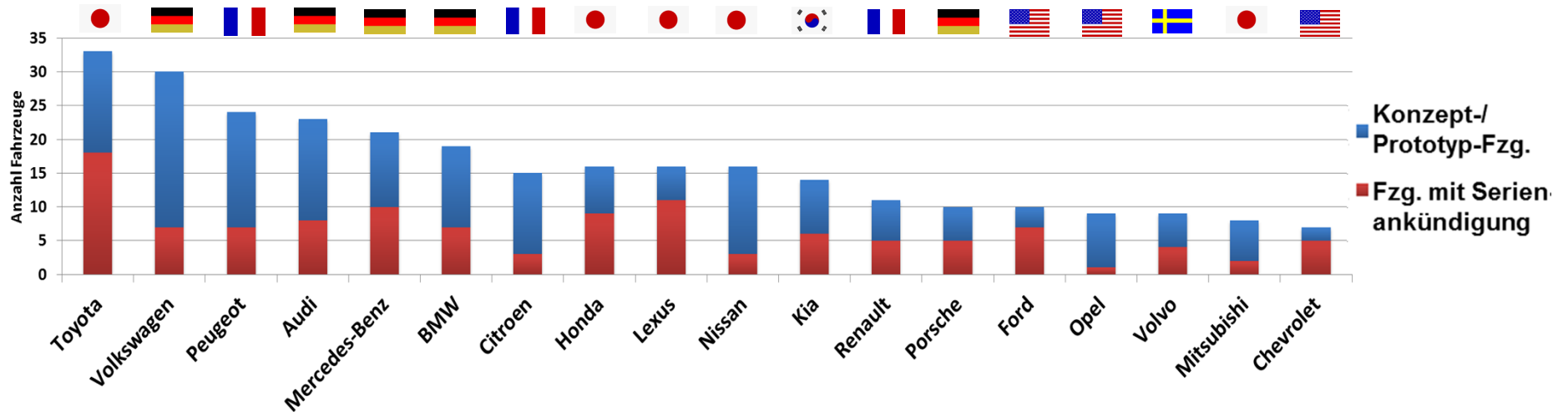


- Japan: Toyota aktivster OEM
- Deutschland: Audi, Mercedes, BMW mit ähnlichen Anteilen
- Frankreich: Renault nur mit BEVs

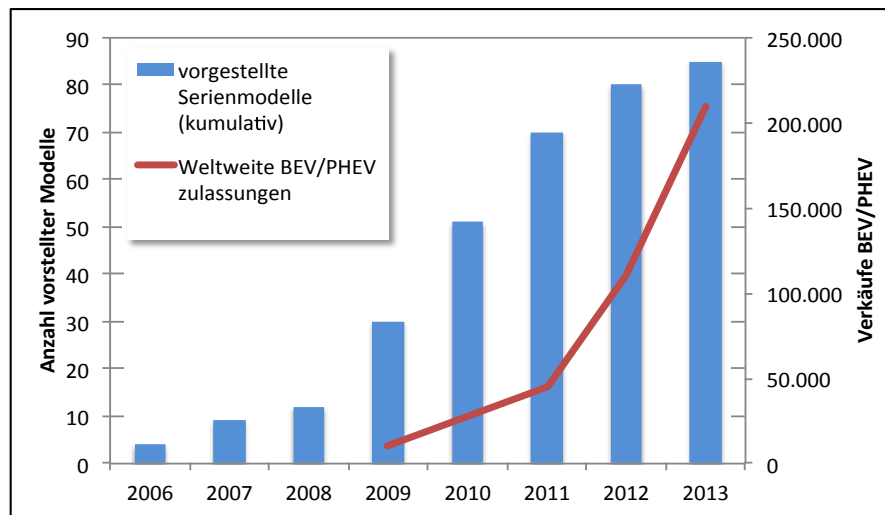


DLR Fahrzeugkonzept-Datenbank

Trends bei Fahrzeugkonzepten – Aktivitäten der Hersteller



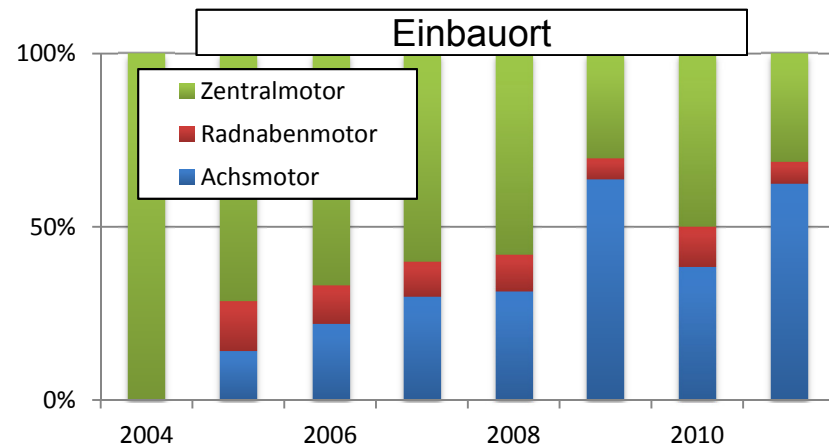
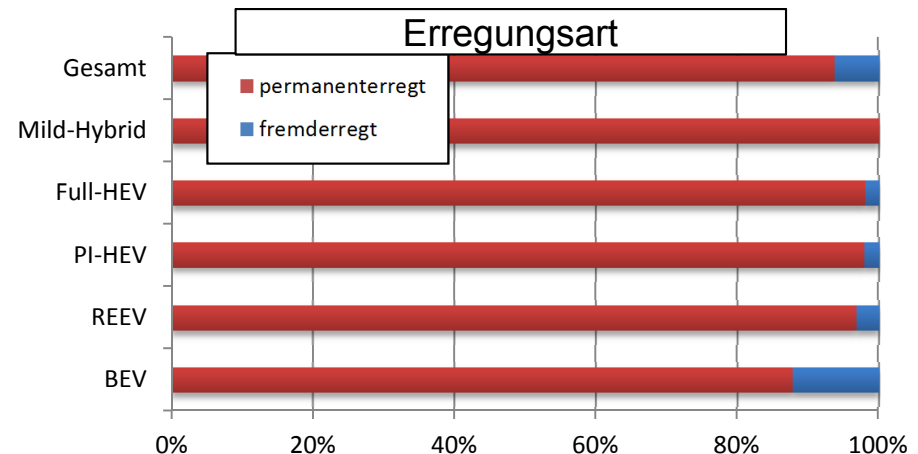
- Japan: Toyota aktivster OEM
- Deutschland: Audi, Mercedes, BMW mit ähnlichen Anteilen
- Frankreich: Renault nur mit BEVs
- Weltweite BEV/PHEV Zulassungen mit stark steigender Tendenz
- Timelag Konzeptfahrzeug zu Serienfahrzeug ungefähr 2 Jahre



DLR Fahrzeugkonzept-Datenbank

Trends bei Fahrzeugkonzepten – Elektromotoren

- Dominanz **permanenterregter** E-Maschinen (PSM)
- Alternative Bauformen (z.B. SRM) und **fremderregte Maschinen** bislang ohne/ mit sehr geringen Anteilen
- Mit **zunehmender Elektrifizierung** besitzen fremderregte Maschinen mehr Relevanz (Conversion vs. Purpose Design)
- Zentralmotoren verlieren kontinuierlich an Bedeutung zugunsten von **Achsmotoren**
- **Radnabenmotoren** mit geringen, aber konstanten Anteilen bei Konzeptfahrzeugen
- Die **Leistungsdichte** der elektrischen Maschinen erreicht über **1 kW/kg** im Jahr 2011 und wurde im Vergleich zu 2006 verdoppelt

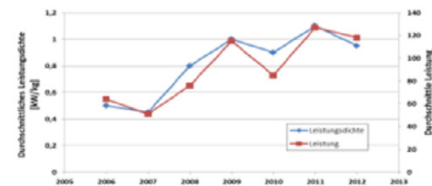
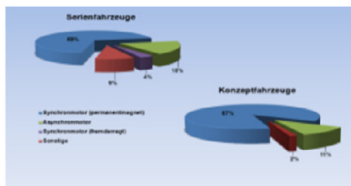


Methoden der Begleitforschung

Patent- und Publikationsanalysen

- DLR Fahrzeugkonzept-Datenbank
- Patentanalysen
- Publikationsanalysen
- Experteninterviews (national & international)
- Regionalstudien (USA, EU, DE, JP, CN, IN)
- STROM-Workshops
- Simulation
- Fahrzeug-Szenarien (*VECTOR21*)
- Materialintensitätsanalysen

Einordnung internationaler Aktivitäten E-Mobilität



Quelle: dlr, sip, cgk



Patent- und Publikationsanalysen F&E-Aktivitäten bei Schlüsseltechnologien

Welche **Forschungsschwerpunkte und Technologieaktivitäten** gibt es in anderen Weltregionen?

- Zeitraum 2000-2012 für Japan (JP), USA (US), China (CN), Europa (EP), Deutschland (DE) und Frankreich (FR), z.T. Südkorea (SK)
- Besonderheit:
 - Betrachtungsumfang (Zeitraum & Weltregionen), Dezierte Suchstrategie (nur „Antriebsstrang elektrifizierter PKW“), Detailtiefe (bis Materialebene), Big Data Analyse (Inhaltsanalyse & -kombination über Data Mining)

Umfang:

- **5.200 Publikationen** und **81.900 Patente** für die Bereiche:

Elektrische Maschine und **Leistungselektronik**
im Antriebsstrang elektrifizierter PKW identifiziert und ausgewertet.

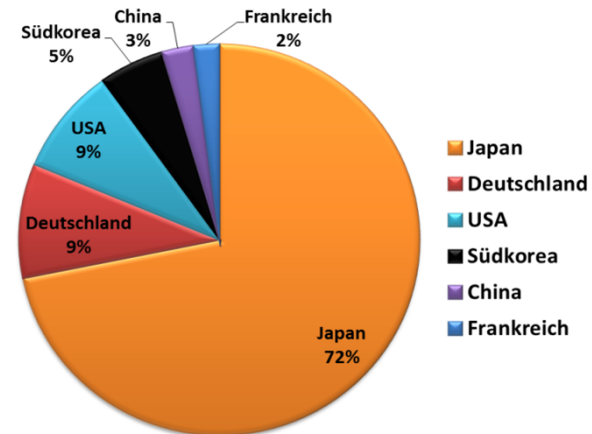


Patentanalyse

F&E-Aktivitäten im Bereich Leistungselektronik

| Rang | Institution | Anzahl Inventionen | Land |
|------|---------------------------|--------------------|-------------|
| 1 | TOYOTA MOTOR | 6.049 | Japan |
| 2 | NISSAN MOTOR | 1.977 | Japan |
| 3 | TOYOTA JIDOSHA | 1.470 | Japan |
| 4 | HONDA MOTOR | 1.208 | Japan |
| 5 | HYUNDAI MOTOR | 696 | Südkorea |
| 6 | GM GLOBAL TECH OPERATIONS | 575 | USA |
| 7 | DENSO | 573 | Japan |
| 8 | HITACHI | 571 | Japan |
| 9 | HONDA MOTOR | 558 | Japan |
| 10 | AISIN AW | 530 | Japan |
| 11 | ROBERT BOSCH | 496 | Deutschland |
| 12 | FORD GLOBAL TECH | 375 | USA |
| 13 | DAIMLER | 345 | Deutschland |
| 14 | TOSHIBA | 319 | Japan |
| 15 | MITSUBISHI JIDOSHA KOGYO | 299 | Japan |
| 16 | MAZDA MOTOR | 263 | Japan |
| 17 | ZF FRIEDRICHSHAFEN | 248 | Deutschland |
| 18 | KIA MOTORS | 247 | Südkorea |
| 19 | FUJI HEAVY IND | 238 | Japan |
| 20 | BAYERISCHE MOTOREN WERKE | 233 | Deutschland |

TOP20 Patentanmelder nach Anzahl der Erfindungen



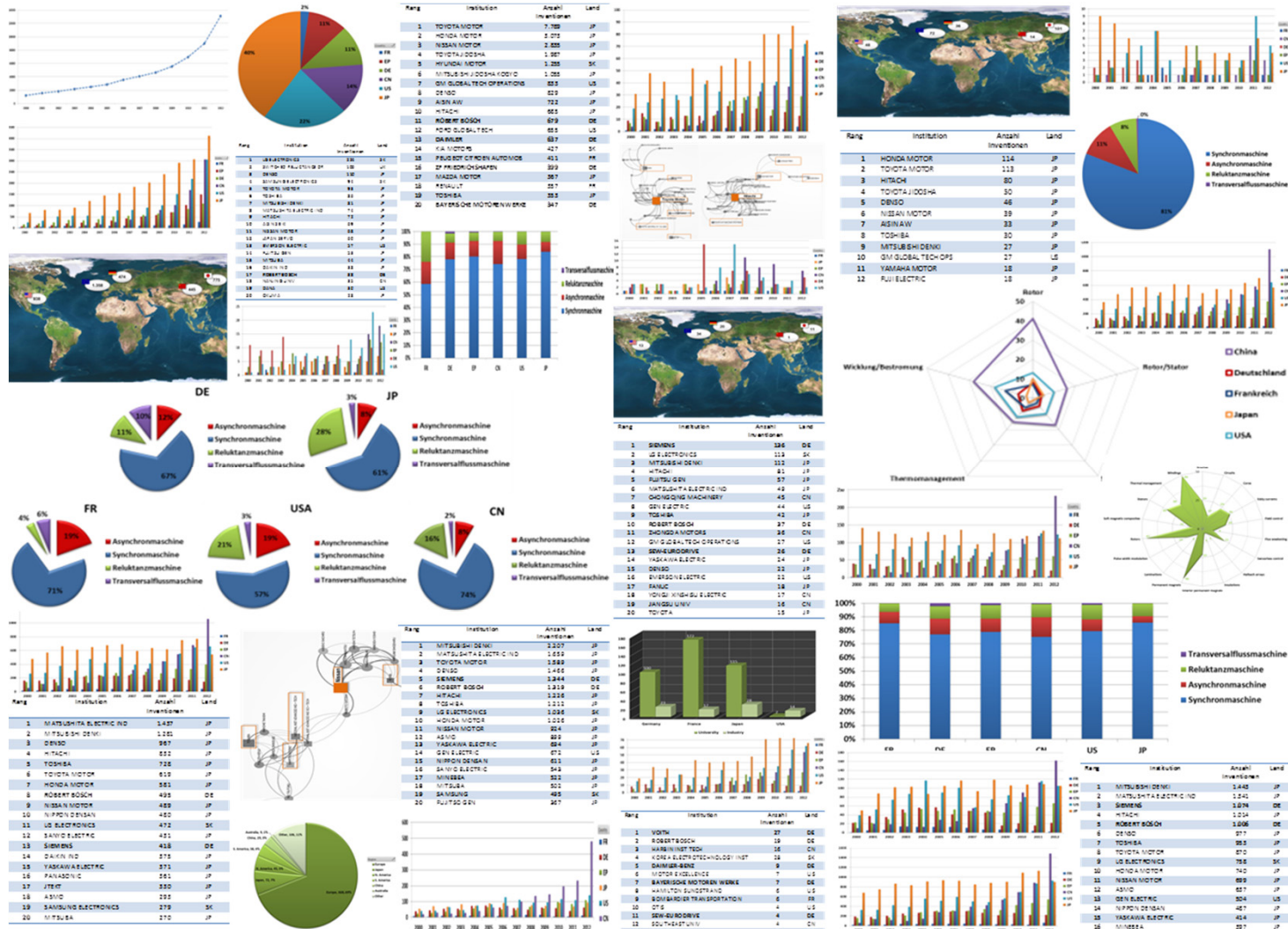
Anteil Patentanmeldungen nach Hauptsitz des Unternehmens

- **Japan führt und dominiert** auf Bauteil- und Materialebene. **Toyota-Konzern** Haupttreiber der Entwicklung.
- Japan fokussiert auf Halbleiterentwicklung, Steigerung des Wirkungsgrads und Realisierung der „Hochintegration“.
- **Deutschland** technologisch auf USA-Niveau. Stärken im Bereich Systemintegration und AVT, Schwächen bei Halbleitern und Halbleiter-Materialien.



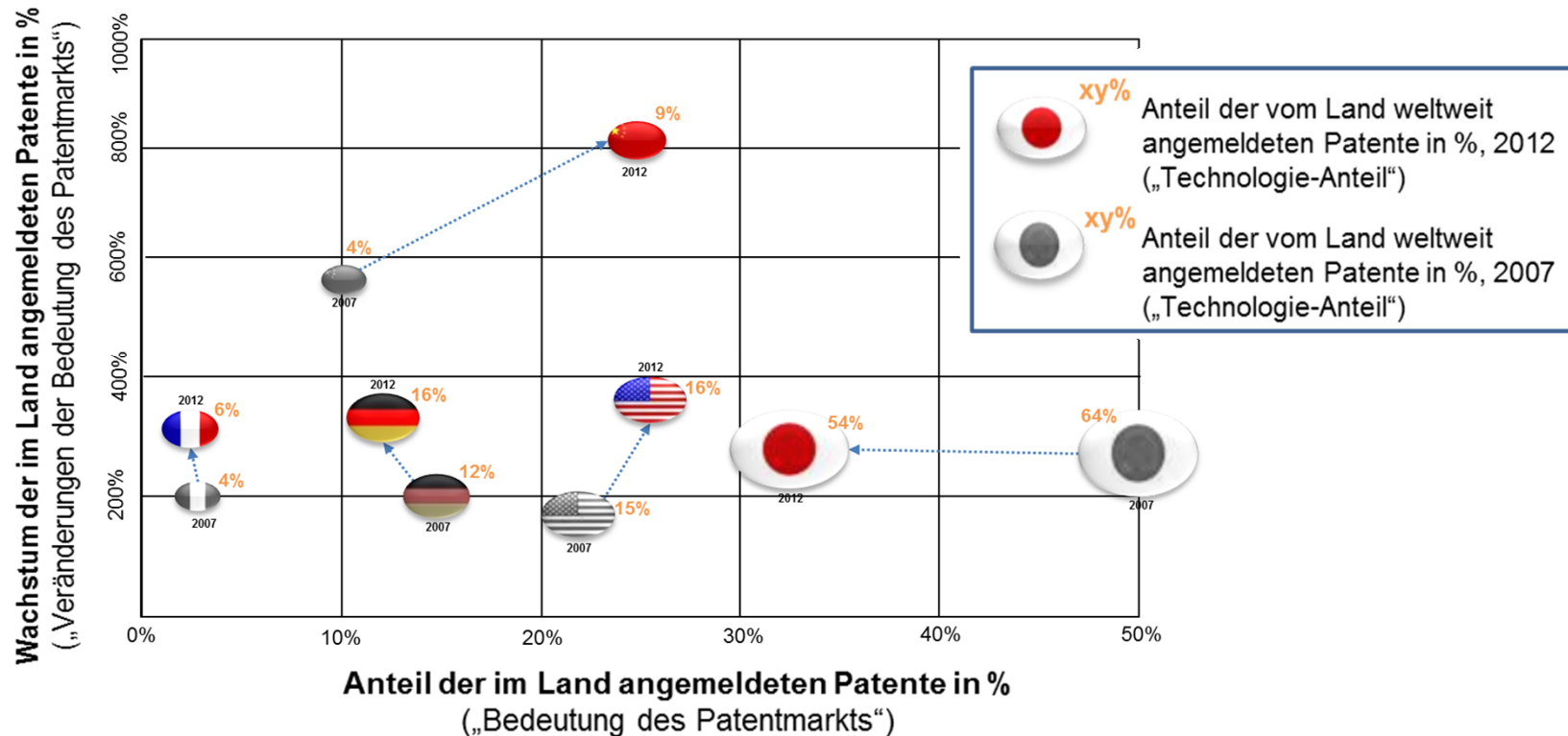
Patentanalyse

Technologische Position im Bereich E-Maschine



Patentanalyse

Technologische Position im Bereich E-Maschine



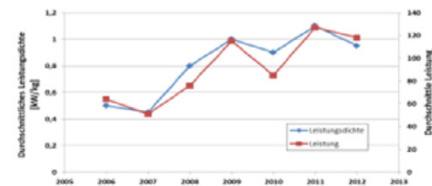
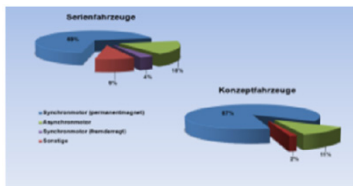
- Kumulierte Darstellung über 10 Jahre (59.000 Patente: alle Bauformen, Komponenten, Bauteile, Materialien) nach Technologie-Anteil, Markt-Anteil und Markt-Dynamik
- **Japan in führender Position** (54% Technologie-Anteil), aber Verluste ab 2007.
- **Deutschland** nach Wachstum auf **USA-Niveau** (16% Technologie-Anteil).
- Sehr hohe Markt-Dynamik in **China** (850% Markt-Wachstum ab 2007).



Methoden der Begleitforschung Regionalstudien

- DLR Fahrzeugkonzept-Datenbank
- Publikationsanalysen
- Patentanalysen
- Experteninterviews (national & international)
- Regionalstudien (USA, EU, DE, JP, CN, IN)
- STROM-Workshops
- Simulation
- Fahrzeug-Szenarien (*VECTOR21*)
- Materialintensitätsanalysen

Einordnung internationaler Aktivitäten E-Mobilität



Quelle: dlr, sip, cgk

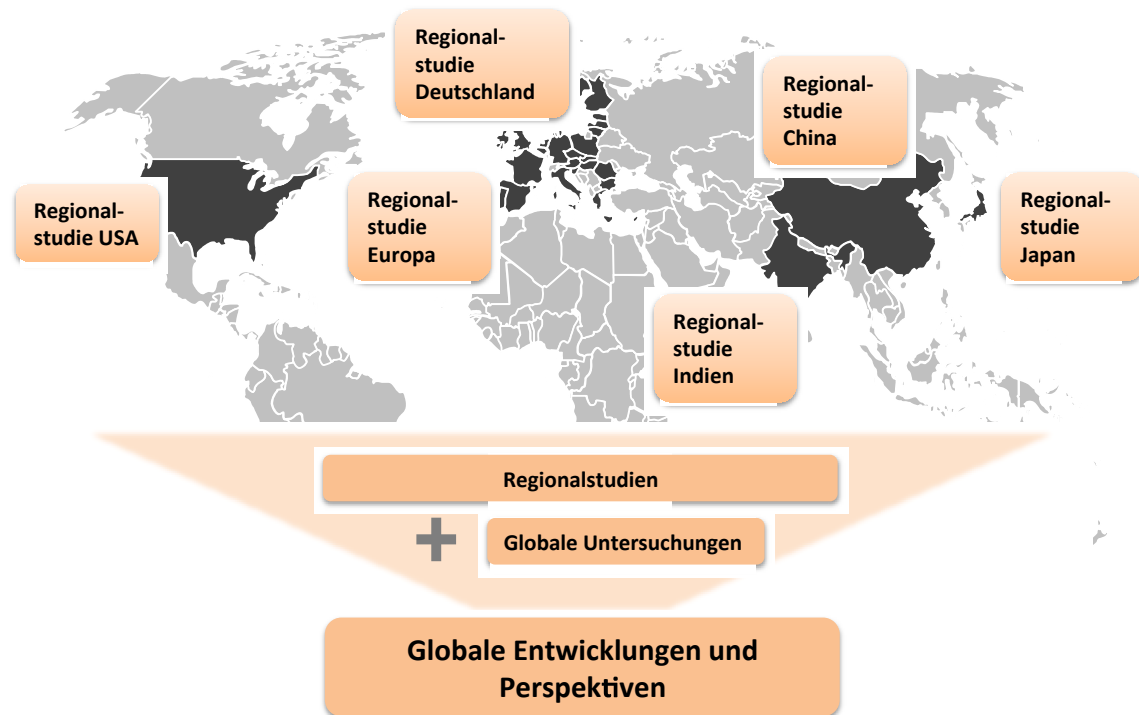


Regionalstudien

Elektromobilitätsarena im internationalen Vergleich



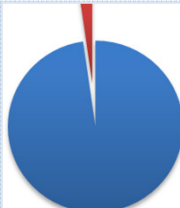
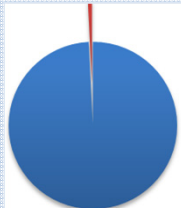

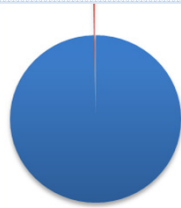
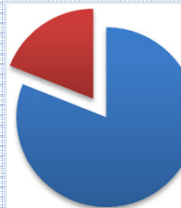
Welche Rahmenbedingungen und **Förderaktivitäten** existieren in anderen Weltregionen?

- Analyse entlang von vier Untersuchungsfeldern:
 - Regierung / Politik / Öffentliche Infrastruktur
 - Forschungsförderung und Institutionen
 - Wirtschaft und Industrie
 - Verbraucher und Marktentwicklung
- Erstellung von Regionalstudien in Kooperation mit lokalen Partnern



Regionalstudien

Politische Ziele und Anreize im internationalen Vergleich

| | Deutschland | USA | Japan | China | Frankreich | GB | Norwegen |
|--|---|--|--|---|---|---|--|
| Ziele Bestand 2015 2020 | 1 Mio. | 1,5 Mio. | ca. 3 Mio. | 0,5 Mio. 5 Mio. | 2 Mio. | 1,5 Mio (Empfohlen) | 0,2 Mio. |
| Status quo (31.12.2013) | ca. 13.700 | ca. 225.000 | ca. 68.000 | ca. 45.000 | ca. 36.000 | ca. 4.400 (2012) | ca. 38.000 |
| |  DE 2020: 1 Mio Fzg. |  USA 2020: ca. 2,4 Mio Fzg. |  JP 2020: ca. 3 Mio Fzg. |  CN 2020: 5 Mio Fzg. |  FR 2020: 2 Mio Fzg. |  GB 2020: ca. 1,5 Mio Fzg. |  NOR 2020: 0,2 Mio Fzg. |
| Einmalige Kaufanreize* | - | max. 5.400 € [abh. von Batterie- kapazität] | max. 6.300 € [2/3 der Preisdifferenz zu konv. Pkw] | max. 7.200 € BEV max. 4.200 € PHEV [abh. von Reichweite] | max. 6.300 € [abh. von CO ₂ - Emissionen] | max. 6.300 € [25% des Fzg.- Preises] | Ø 15.000-20.000€ (endet 2018 oder bei 50.000 xEVs) [Wegfall Import- u. MwSt.] |
| *Bezug auf nationale Anreize, zusätzlich kann es auf untergeordneten Ebenen zusätzliche Anreize geben (e.g. durch Länder, Präfekturen) | | | | | | | |
| Quellen: Regionalstudien STROM, IA-HEV Annual Report 2013 | | | | | | | |



Regionalstudien

Anreize zur Marktentwicklung im internationalen Vergleich

| | Deutschland | USA | Japan | China | Frankreich | GB | Norwegen |
|----------------------------------|--|--|---|--|--|---|---|
| Einmalige Kaufanreize* | - | max. 5.400 € | max. 6.300 € | max. 7.200 € BEV max. 4.200 € PHEV | max. 6.300 € | max. 6.300 € | Ø 15.000-20.000€ |
| regelmäßige fiskalische Anreize* | Befreiung von Kfz-Steuer | - | Reduktion Kfz-Steuer um 50% | Befreiung von Kfz-Steuer | Vergünstigte CO ₂ -Steuer für Firmenwg. | bis zu 600 € | bis zu 3.800 € |
| Sonstige Anreize** | Bessere Anrechnungs-möglichkeit für Dienst-wagen | Nutzung HOV-Lanes , teilw. Befreiung von Parkgebühren, vergünstigte Stromtarife | Teilw. Befreiung von Parkgebühren und Erstattung von Maut-gebühren | Befreiung von „Nummernschild-Lotterie“ für Neuzulassungen (z.B. Peking, Shanghai) | Vergünstigte Raten für Maut- und Parkge-bühren | Befreiung von Londoner City-Maut , teilw. Befreiung von Parkgebühren | Nutzung von Busspuren , Befreiung von Park- und Mautgebühren |

*Bezug auf nationale Anreize, zusätzlich kann es auf untergeordneten Ebenen zusätzliche Anreize geben (e.g. durch Länder, Präfekturen)
 ** exemplarisch

Quellen: Regionalstudien STROM

Strategien / Instrumente:

- Forschung und Entwicklung (v.a. DE, JP, USA)
- Anreize zur Markteinführung (z.B. NOR, USA, JP, FR, GB, NL)
- Förderung von Infrastrukturausbau (z.B. GB, FR, JP, CN)
- Demonstrationsvorhaben (z.B. CN, JP, DE)



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

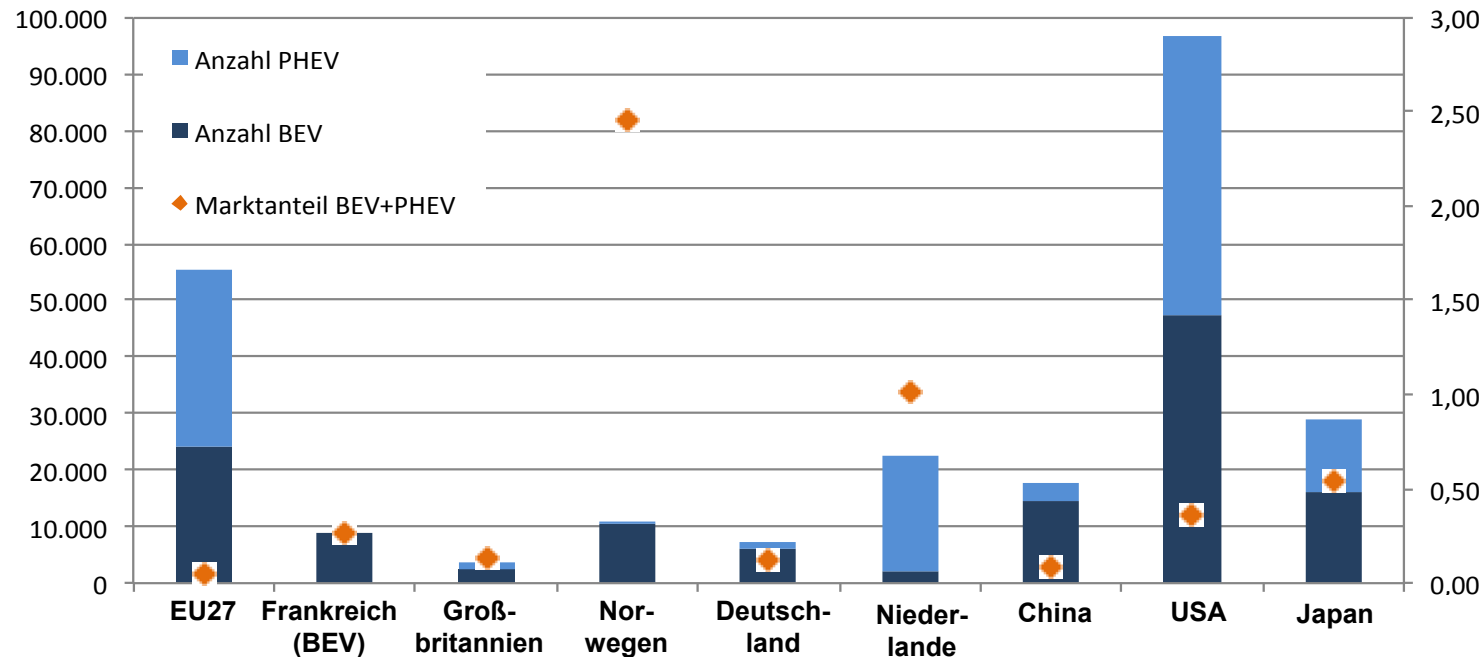


Regionalstudien

Aktuelle Marktentwicklung im internationalen Vergleich

Anzahl PEV-Neufahrzeuge pro Jahr (2013)

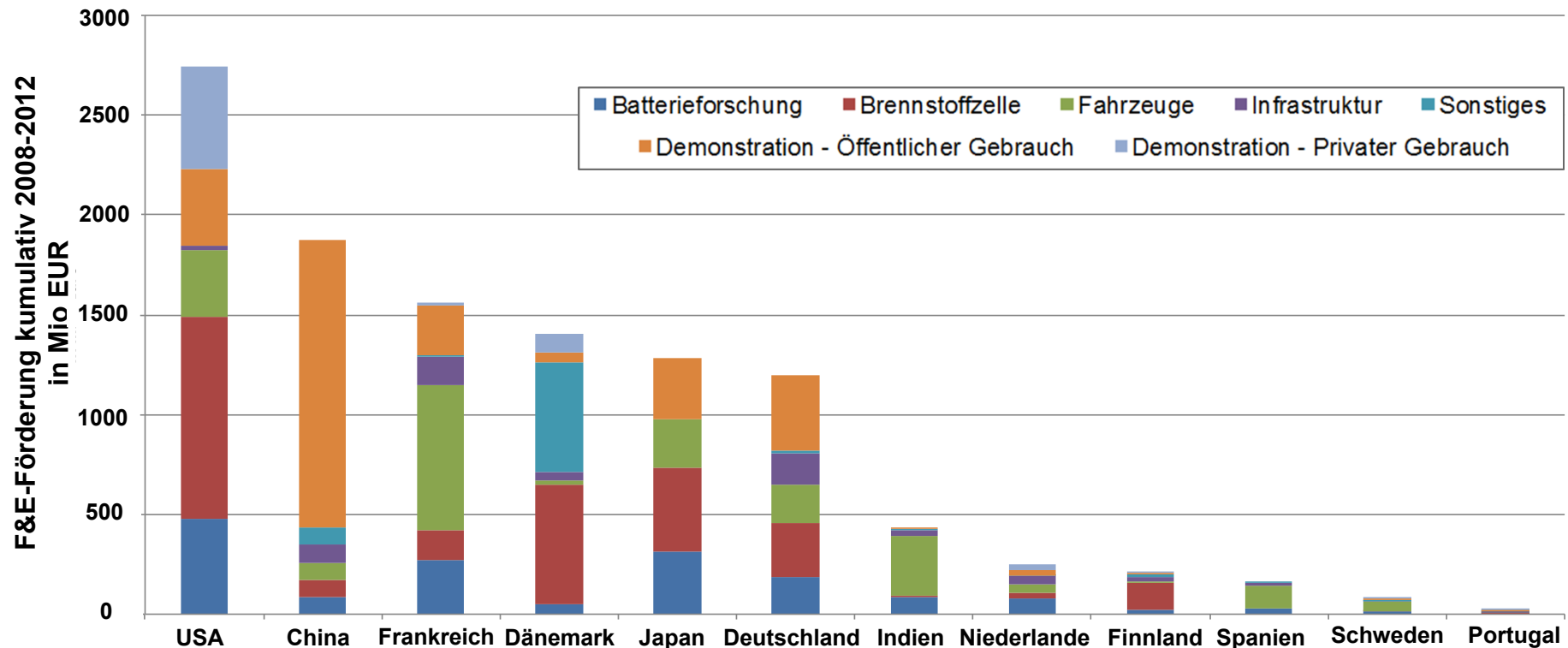
Marktanteil PEV in % (2013)



- Höchster Marktanteil in Norwegen, gefolgt von Niederlande, Japan, USA
- Meiste Regionen mit **monetären Kaufanreize** und höheren Marktanteilen von BEVs und PHEVs
- Nicht-monetäre **Anreizsysteme** und Rahmenbedingungen mit Einfluss auf den Erfolg von E-Fahrzeugen (vgl. Japan und UK)

Regionalstudien

Forschungsförderung im internationalen Vergleich



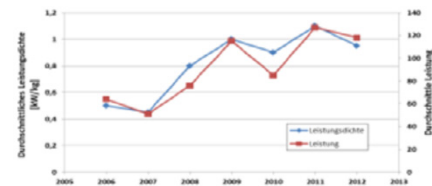
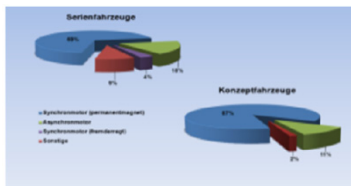
- USA mit höchsten Investitionen (Komponenten), gefolgt von China (Demonstration)
- Schwerpunkt der Forschungsförderung liegt auf Batterien und Brennstoffzellen

Methoden der Begleitforschung

Materialintensitätsanalysen

- DLR Fahrzeugkonzept-Datenbank
- Publikationsanalysen
- Patentanalysen
- Experteninterviews (national & international)
- Regionalstudien (USA, EU, DE, JP, CN, IN)
- STROM-Workshops
- Simulation
- Fahrzeug-Szenarien (*VECTOR21*)
- Materialintensitätsanalysen

Einordnung internationaler Aktivitäten E-Mobilität



Quelle: dlr, sip, cgk



Materialintensitätsanalysen

Ökologische Bewertung und Rohstoffkritikalitäten

Drei Methoden zur Beurteilung der kumulierten Ressourcenverbräuche:

MIPS-Methode („Material-Input pro Service-Einheit“) zur Systembewertung: „Materialintensität“ als ökologischer Indikator der Ressourcennutzung über den Lebenszyklus (inkl. „Material-Rucksäcken“)



Identifikation „kritischer“ Materialien, bei denen die Verfügbarkeit oder die Umweltgefährlichkeit der Gewinnung die gesetzten Ausbauziele gefährden könnten



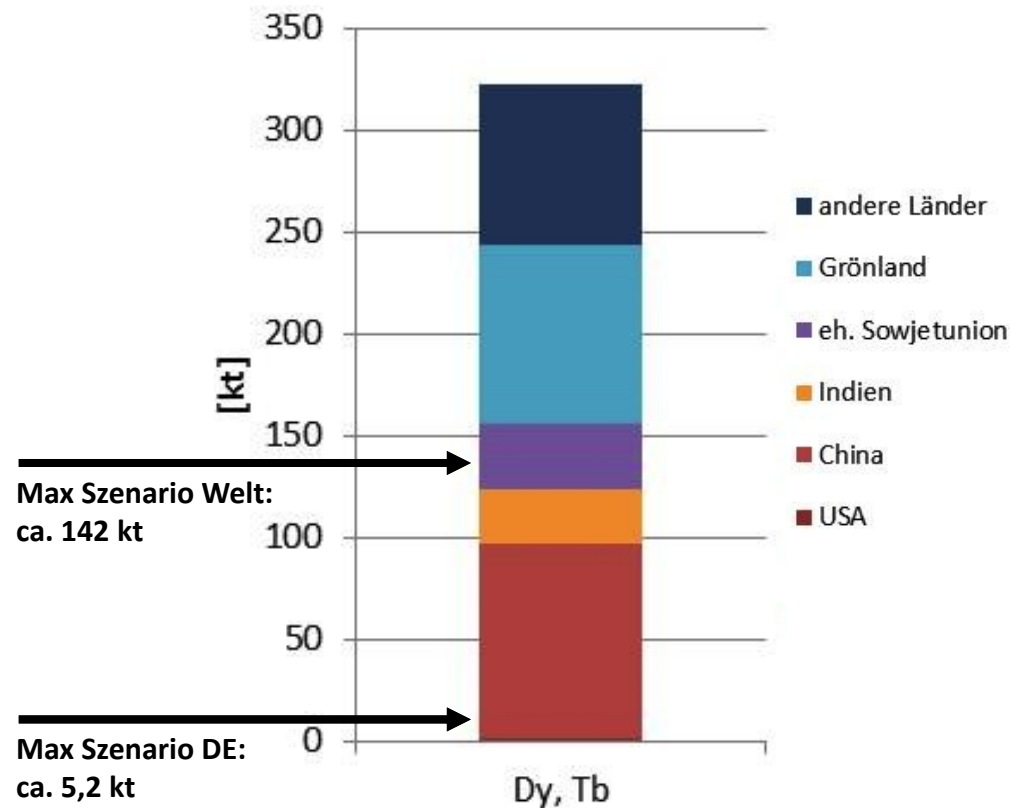
Ermittlung des Treibhauspotenzials zur Systembewertung: Treibhausgas (THG)-Emissionen als ökologischer Indikator der Klimawirkung über den Lebenszyklus (inkl. „THG-Rucksäcken“)



Materialintensitätsanalysen

Rohstoffkritikalitäten bei „Seltene Erden“

Weltweite Reserven Seltener Erden – Beispiel Dy, Tb



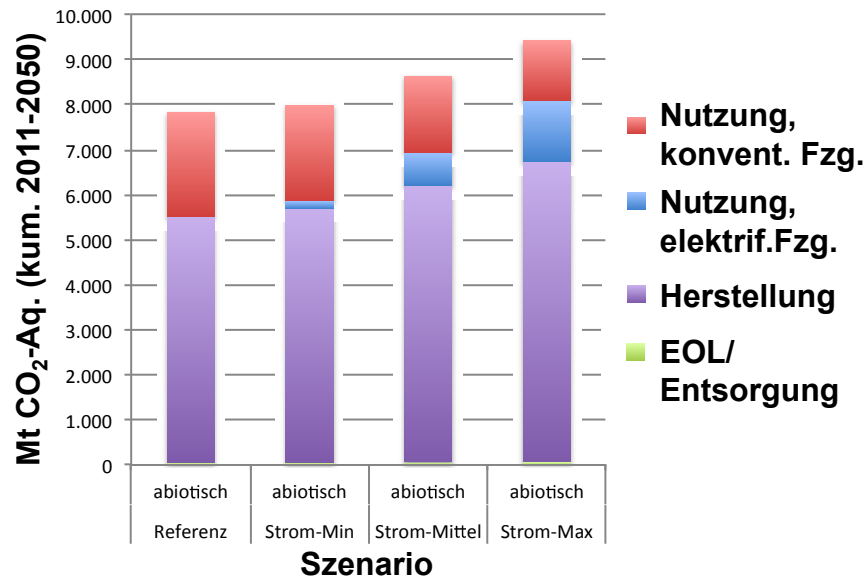
- Globale Reserven von Dysprosium und Terbium bei 320kt
- Szenarien hoher Marktdurchdringung (STROM Max) zeigen sehr hohen Bedarf an kritischen Rohstoffen, insbesondere Li und Dy.
- Kritisches Maß der Nachfrage von 142kt (44%) an Reserven, allein durch Elektromobilität



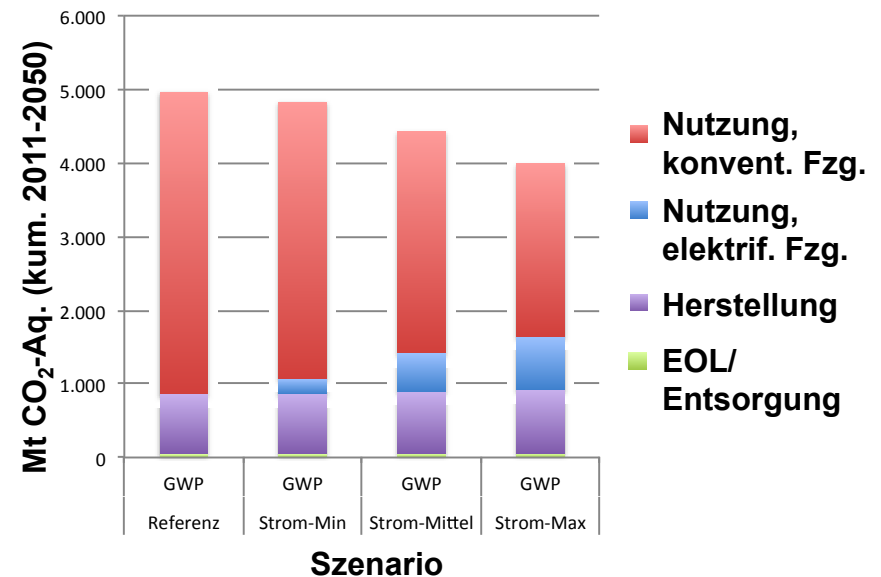
Materialintensitätsanalysen

Materialbedarfe und THG-Emissionen

Abiotischer Materialbedarf des MIV in Deutschland nach Szenarien (2011-2050, nur Pkw)



GWP des MIV in Deutschland nach Szenarien (2011-2050, nur Pkw)



- **Zielkonflikt Klima- und Ressourcenschonung**
- Hohe Anteile elektrifizierter Fahrzeuge tragen zu **Reduktion der Treibhauswirkung** bei
- Zusätzliche Komponenten (z.B. Batterie, E-Motor) weisen **hohe Materialintensität** auf



Fazit der STROM-Begleitforschung

Potenziale der Elektromobilitätsforschung in Deutschland

■ Technologien:

- Deutschland international gut aufgestellt, Schwächen bei Komponenten, Bauteilen, Materialien.
- Neue Halbleitermaterialien als Enabler der Hochintegration, Japan mit großem Vorsprung.
- Forschung zu AVT auf Anforderungen durch neue Halbleiter ausrichten.
- Forschung zu Seltenen Erden stärken, alternative Bauformen (E-Maschine) fördern.
- Monitoring von F&E-Aktivitäten zu innovativen Technologien & „Deep Drill“ auf Fokusregionen/ Technologietreiber.

■ Perspektiven:

- Deutsches Fördersystem international vorbildlich. Zusammenarbeit von Industrie und Forschung forcieren.
- Vernetzung und Koordination auf EU-Ebene stärken, Kooperationen mit Japan und Südkorea anstreben.

■ Ökobilanzen:

- Dy-Bedarf reduzieren und alternative Magnetwerkstoffe erforschen.
- Recycling für Nd, Dy und Li entwickeln.
- Nutzung kritischer Ressourcen im Rahmen der Produktentwicklung minimieren.



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH





Kontaktdaten

Ansprechpartner der STROM-Begleitforschung



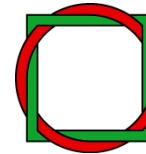
**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

- **DLR Institut für Fahrzeugkonzepte**

| | |
|------------------|---|
| Benjamin Frieske | Benjamin.Frieske@dlr.de / Tel: +49 (0)711 6862 623 |
| Matthias Klötzke | Matthias.Kloetzke@dlr.de / Tel: +49 (0)711 6862 8092 |

- **DLR Institut für Verkehrsforschung**

| | |
|------------------|---|
| Danny Kreyenberg | Danny.Kreyenberg@dlr.de / Tel: +49 (0)30 67055 211 |
|------------------|---|



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

- **Wuppertal Institut**

| | |
|-------------------|--|
| Dr. Claus Barthel | Claus.Barthel@wupperinst.org / Tel: +49 (0)202 2492 166 |
| Ole Soukup | Ole.Soukup@wupperinst.org / Tel: +49 (0)202 2492 285 |



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Wissen für Morgen

